

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-193823

(43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/30

G02B 27/28

(21)Application number : 10-371731

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.12.1998

(72)Inventor : FUKANO TORU  
SATO YASUSHI  
SHINTANI MASATO

## (54) POLARIZER, AND OPTICAL ISOLATOR USING IT

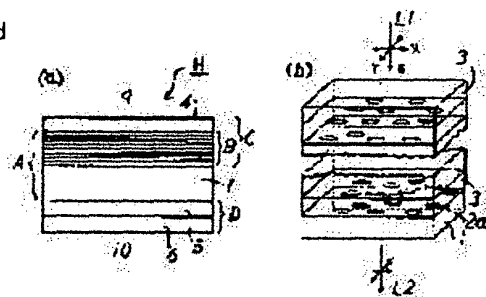
### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a polarizer which are capable of preventing reflection on an interface between a polarizing layer and a substrate and low in insertion loss, and an optical isolator.

**SOLUTION:** In a polarizer H formed of at least two layers of a polarizing layer B in which metallic particles 2a with light absorption anisotropy are dispersed in a first dielectric body, and a reflection preventive layer formed of a second dielectric body are laminated on at least one main surface of a substrate 1 with transmissivity, the thickness of the first and second dielectric bodies satisfies the inequalities

$0.15+0.39n \leq d1/\lambda \leq 0.19+0.39n$  (A), and

$0.15+0.32n \leq d2/\lambda \leq 0.17+0.32n$  (B), where d1 is the mean thickness of the first dielectric body, d2 is the mean thickness of the second dielectric body,  $\lambda$  is the wavelength of the transmitted light, and n is an arbitrary integer of not less than 0.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-193823

(P 2000-193823A)

(43) 公開日 平成12年7月14日 (2000. 7. 14)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 B 5/30  
27/28

G 0 2 B 5/30  
27/28

2H049  
A 2H099

審査請求 未請求 請求項の数 2

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-371731

(22) 出願日 平成10年12月28日 (1998. 12. 28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72) 発明者 深野 徹

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 佐藤 恭史

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 新谷 真人

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

最終頁に続く

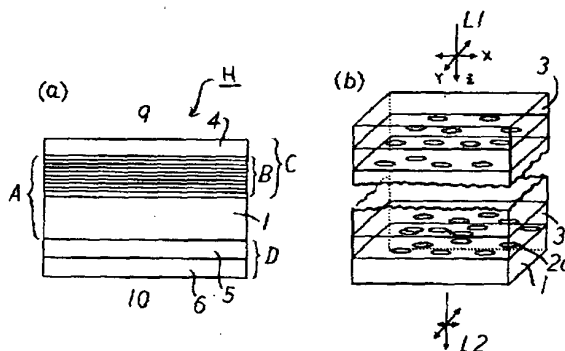
(54) 【発明の名称】 偏光子及びそれを用いた光アイソレータ

(57) 【要約】

【課題】 偏光層と基板界面での反射を防ぎ、低挿入損失な偏光子及び光アイソレータを実現すること。

【解決手段】 透光性を有する基板 1 の少なくとも一主面上に、光吸収異方性を有する金属粒子 2 a が第 1 の誘電体中に分散された偏光層 B と、第 2 の誘電体からなる反射防止層の少なくとも 2 つの層が積層されて成る偏光子 H であって、第 1 及び第 2 の誘電体の透過光の波長で規格化した厚さが下記式 (A) , (B) を満たすことを特徴とする。  
$$0.15 + 0.39n \leq d1/\lambda \leq 0.19 + 0.39n$$
$$\dots (A), 0.15 + 0.32n \leq d2/\lambda \leq 0.17 + 0.32n \dots (B)$$

(ただし、d 1 : 第 1 の誘電体の平均厚み、d 2 : 第 2 の誘電体の平均厚み、λ : 透過光の波長、n : 0 以上の任意の整数)



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透光性を有する基板の一主面側に、第 1 の誘電体中に光吸収異方性を有する金属粒子を分散させた偏光層と、第 2 の誘電体から成る反射防止層の少なく\*

$$0.15+0.39n \leq d1/\lambda \leq 0.19+0.39n \quad \dots \quad (A)$$

$$0.15+0.32m \leq d2/\lambda \leq 0.17+0.32m \quad \dots \quad (B)$$

(ただし、d1：第 1 の誘電体の平均厚み、d2：第 2 の誘電体の平均厚み、λ：透過光の波長、n、m：0 以上の任意の整数)

【請求項 2】 光を透過させるファラデー回転子の光入射側及び光出射側に偏光子を配設して成る光アイソレータであって、前記ファラデー回転子の光入射側及び／又は光出射側に、請求項 1 に記載の偏光子を配設して成ることを特徴とする光アイソレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信機器、光記録機器、光センサー等に使用される偏光子、特に誘電体中に異方性を有する金属粒子が分散された偏光子に関するものであり、光アイソレータに好適に用いられるものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、偏光子として、ある種の溶液をセル内に入れたものや、プラスチックに着色剤を入れたものごとく着色イオンを利用した素子、基板上に誘電体薄膜を多数積層し、多層薄膜の干渉を利用した素子、複屈折性の大きな結晶で構成されたグラントムソンプリズムに代表される偏光プリズム、ブリュースター条件を利用して偏光成分を分離する PBS（偏光ビームスプリッター）、あるいは、高分子材料を一定方向に配向させ一方の偏光成分を吸収する偏光フィルムなどが主流を占めていた。

【0003】ところが、従来の偏光子では着色イオンを利用したものは波長依存性が大きく、波長毎に最適な波長特性を有するものを選択しなけりなかつた。また、屈折率の大きな結晶で構成されたものは波長依存性は小さいが、加工が困難で素子寸法に制限があり小型化し難いなど、これまで小型で波長特性に優れた偏光子はなかつた。

【0004】このような各種偏光子に対して、最近光通信用デバイスとして偏光ガラスが使用されている。これは、例えば透明なガラスを透明固体媒体とし、この媒体中に楕円状の銀粒子を一定方向に揃えて分散させ異方性を持たせた構造としている（特公平 2-40619 号公報を参照）。

【0005】この偏光ガラスの製造方法は、まず銀および塩化物、臭化物およびヨウ化物より成る群から選択された少なくとも一つのハロゲン化物より成るガラス用バッチを熔融し、必要とされる形状のガラス素地に成型する。次に、ガラス素地を定められた条件にて熟処理を行

\*とも 2 層を積層して成る偏光子であって、前記第 1 及び第 2 の誘電体の規格化厚みが下記式 (A) ～ (B) を満たすことを特徴とする偏光子。

い、ガラス中にハロゲン化銀粒子を析出させる。

【0006】さらに、ガラス素地を定められた温度範囲において張力を加えて延伸し、ハロゲン化銀粒子を伸長させ、張力方向へ整列させる。最後に、伸長されたガラス素地を定められた温度範囲内において還元雰囲気中に暴露し、ハロゲン化銀の一部を金属銀粒子に還元することによって、上記偏光素子を得ることができる。

【0007】また、近年、光通信用部品の小型化、低価格化に伴い、偏光子の低背化、大面積化が要求されている。そこで、ガラス等の誘電体基板上に真空蒸着等の薄膜製造プロセスを利用して不連続な島状金属粒子層と、ガラス等の誘電体層を交互に形成し、加熱延伸によって異方性を持たせるようにしたものが提案されている（例えば、電子情報通信学会論文誌 C-I Vol. J81-C-I N04 p. 247-253 を参照）。この偏光子は、上記島状の金属粒子層における各島が金属粒子の役割を果たし、金属粒子を分散させたものと同じ構造になる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記方法で作製した偏光子は、挿入損失が大きいという問題があった。発明者らが鋭意研究を重ねた結果、反射防止膜を施しているのにも関わらず、反射損失が発生していることが確認された。さらに研究を重ねた結果、ガラス膜中に金属粒子が分散することにより偏光層の屈折率が上昇し、基板と偏光層の界面から反射が発生していることが確認された。この現象を図 4 を用いて説明する。

【0009】一般に、偏光層 B と基板 1 の屈折率が同一と考え、基板 1 の屈折率、入射媒体（例えば空気）9、及び出射媒体（例えば空気）10 の屈折率に基づき、反射防止膜 D（膜 5、6）、E（膜 7、8）を設計する。

【0010】しかしながら、偏光層 B と基板 1 の屈折率が異なる場合、このような設計では、偏光層 B と基板 1 との間、また、偏光層 B と入射媒体 9（空気）との間の反射を抑制することができない。なお、図中 A は偏光子 H の素体である。

【0011】そこで、本発明は誘電体基板の一主面に異方性を有する金属粒子が誘電体中に分散された偏光層を設けて成る偏光子において、基板と偏光層の界面の反射をなくし、低挿入損失な偏光子及びそれを用いた光アイソレータを提供することを目的とする。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の偏光子は、透光性を有する基板の少なくとも一主面上に、光吸収異方性を有する金属粒子が第 1 の誘電体中に分散された偏光層

と、第2の誘電体からなる反射防止層の少なくとも2つの層が積層されて成る偏光子であって、第1及び第2の誘電体の透過光の波長で規格化した厚さが下記式

$$0.15+0.39n \leq d1/\lambda \leq 0.19+0.39n \quad \dots (A)$$

$$0.15+0.32n \leq d2/\lambda \leq 0.17+0.32n \quad \dots (B)$$

(ただし、 $d1$  : 第1の誘電体の平均厚さ、 $d2$  : 第2の誘電体の平均厚さ、 $\lambda$  : 透過光の波長  $n$  : 0以上の任意の整数)

また、本発明の光アイソレータは、光を透過させるファラデー回転子の光入射側及び/又は光出射側に、上記偏光子を配設して成ることを特徴とする。

【0014】上記構成の偏光子によれば、基板1と偏光層Bの界面での反射を考慮する必要がなく、入射媒体9と基板1の反射を極力低減することが可能となる。また、その他の効果として、偏光層Bが反射防止膜として機能することにより、反射防止膜を成膜する工程を低減することが可能となり、偏光子の低価格化を実現することが可能となる。さらに、基板1上に膜を多層に成膜することは応力の増加につながり、剥離等の問題が発生する為、最小限にすることが好ましいが、上記方法では、基板1上の膜数を最小限にすることが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に基づき説明する。

【0016】図1に示すように、偏光子Hは、透光性基板であるガラス等の基板1の少なくとも一方の主面上に第1の誘電体から成る偏光層Bを設けたものであり、この偏光層Bは、基板1上に形状異方性を有する金属粒子2aが多数分散された層状をなす島状金属薄膜層というべき金属粒子層2と透光性を有する誘電体層3とが交互に複数積層されてなるものである。なお、偏光層Bは、偏光子として作用させるものの他、反射防止膜Cの一部としても作用する。さらに、偏光層Bの上にはガラス等の第2の誘電体の膜(反射防止層)4を積層し、偏光層Bと膜4で反射防止膜Cを形成する。また、偏光層が成膜されていない、もう一方の基板1上には、ガラス等の誘電体の膜(反射防止層)5、6を成膜し、反射防止膜Dを構成するものとする。

【0017】金属粒子2aは回転楕円体状で異方性を有し、図1(但し、光の進行方向をZ軸方向とし、これに直行する平面をX-Y平面とする)では、金属粒子2aの長軸方向がX方向で、短軸方向がY方向である。また、金属粒子2aの長軸方向の長さ $a$ と短軸方向の長さ $b$ の比をアスペクト比とし、ここでは、多数の金属粒子4a

\* (A), (B) を満たすことを特徴とする。

【0013】

のアスペクト比の平均値を単にアスペクト比と呼ぶものとする。

【0018】偏光子Hに入射光L1を入射させた場合、光の波長に対し、金属粒子2aの大きさが十分に小さい場合、ある波長の光を吸収する。図1に示すように、金属粒子2aが形状的異方性を有する場合、X方向の偏光とY方向の偏光では、吸収量、また、吸収する波長が異なり(X方向がより長波長帯にて大きな吸収を持ち、Y方向の偏光は短波長帯にて小さな吸収を持つ)、ある波長で見ると、出射光L2は偏光方向により透過率の差が発生し、偏光子1として作用する。

【0019】ここで、この透過率の差を消光比、また、Y方向の偏光の透過率を挿入損失と呼ぶ。

【0020】このような偏光子は同一誘電体層3に存在する金属粒子の個数密度(分布密度)は3~37個/ $\mu\text{m}^2$ が好ましい。この範囲内であれば、消光比あたりの挿入損失が最も低くなる。なお、良好な偏光特性が得られるのであれば、誘電体層3は1層でも、2層以上でもかまわない。ここで、金属粒子の個数密度(分布密度)は基板面内の各層の密度であって、少なくとも1個の金属粒子2aの長軸を含み、且つ基板面Sに平行な面で切断した場合に計測した密度である。

【0021】また、金属粒子2aが回転楕円体になるのは基板1上に偏光層Bの成膜後、延伸、もしくは押し出し等の方法により、基板1とともに金属粒子2aが延伸もしくは押し出し方向に引き伸ばされるからである。そして、アスペクト比は、消光比の波長特性に大きく寄与しており、光通信で利用される1310nmで動作させる為には、3から30、好ましくは5~15が適当である。

【0022】次に、反射防止膜について説明する。

【0023】ある基板上に、2層の膜を成膜した場合、基板の屈折率 $n_s$ に対する反射率 $R$ は、基板上に形成した第1層の屈折率 $n_1$ 、その厚さを $d_1$ 、第1層上に形成した第2層の屈折率 $n_2$ 、厚さを $d_2$ 、入射媒質(例えば、空気等)の屈折率 $n_0$ とすると、

【0024】

【数1】

$$R = \frac{X}{1+X}$$

$$X = \frac{n_2}{4n_0} \left\{ \left[ \left( \frac{n_0}{n_s} - 1 \right) \cos g_1 \cos g_2 + \left( \frac{n_1}{n_s} - \frac{n_0}{n_s} \frac{n_1}{n_1} \right) \sin g_1 \sin g_2 \right]^2 \right. \\ \left. + \left[ \left( \frac{n_0}{n_1} - \frac{n_1}{n_s} \right) \cos g_2 \sin g_1 + \left( \frac{n_0}{n_s} - \frac{n_1}{n_s} \right) \cos g_1 \sin g_2 \right]^2 \right\} \\ (\text{ただし、} g_1 = 2\pi n_1 d_1 \lambda^{-1}, g_2 = 2\pi n_2 d_2 \lambda^{-1})$$

【0025】と表される。

【0026】上記数式を用い、偏光層Bの膜厚、膜4の厚さを設計することができる。光アイソレータには低挿入損失が要求されている為、0.2%以下に押さえることが必要となる。

【0027】そこで、反射防止膜として使用する材料は、使用波長帯にて光学的に透過であることや、成膜の容易性から、SiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いるのがよい。これらの内、特に、屈折率が低いSiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>のいずれか、屈折率が高いTiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のいずれかを組み合わせて使用するとよい。

【0028】反射防止膜の一つとして構成される偏光層\*

$$(0.15 + 0.39 \times n) \leq d_1 / \lambda \leq (0.19 + 0.39 \times n) \\ \dots (A)$$

$$(0.15 + 0.32 \times m) \leq d_2 / \lambda \leq (0.17 + 0.32 \times m)$$

(ただし、λは透過光の波長、n、mは0以上の任意の整数)

次に、上記偏光子の作製方法について説明する。

【0030】基板1には、例えば、BK7、BK1（ホーヤ株式会社の登録商標）、パイレックスガラス（コーニング社の登録商標）等のほう珪酸塩ガラスを用いる。次に、スパッタ装置（好ましくは多元スパッタ装置）を用いて、金属粒子層2aを成膜する。次に、成膜された金属粒子2aを所望の金属粒子2aの大きさにする為、基板1の転移点以下の温度にて熱処理を行う。

【0031】上記金属としてはAg、Cu、Fe等の1種を用いる。次に、多元スパッタ装置を使用し、誘電体層3を成膜するが、誘電体層3の材質としては、基板1と同じBK7、BK1、パイレックスガラス等のほう珪酸ガラスが好ましい。なぜならば、基板2の材料と誘電体層3の材質が異なると、熱膨張係数の違いから膜応力が発生し、その結果、誘電体層間で剥離が生じ、金属粒子に異方性を与えることができない為である。その後、金属粒子層2と誘電体層3を所望の消光比が得られるように所定数の積層を繰り返し行い、さらに、成膜中にトラップされたスパッタリングガス（例えばAr）を追いつ出す為、300℃以上で且つガラス転位点以下（例えば580℃以下）にて熱処理を行う。Arの量としては、 $1.0 \times 10^{19} \text{ molecules/cm}^3$  以下であることが好ましい。さらに、基板の軟化点付近（例えば620℃）にて加熱しながら延伸を行うことにより、金属粒子に異方性

\*Bの屈折率は、1.64程度である。これは、ガラス中に金属粒子を分散させた試料の屈折率をエリブソメータにより測定した結果である。その為、反射防止膜の構成は、偏光層Bが屈折率が高い膜に分類され、膜4はSiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>のいずれかを使用することが好ましい。さらに、解析より、SiO<sub>2</sub>を使用した場合、膜厚によらず反射率を0.2%以下にすることが困難であることが確認された為、膜4にはMgF<sub>2</sub>を使用するのが最適である。そして、特にMgF<sub>2</sub>を使用する場合、偏光層Bの平均の厚さd1、膜4の平均の厚さd2が下記式を満たした場合、反射率が0.2%以下になる。

20 【0029】

を持たせ、所望の偏光特性を得る。

【0032】次に、偏光層Bの上に膜4を成膜する。成膜には、スパッタ装置、蒸着機等が好ましい。

【0033】さらに、偏光層Bが成膜されている面とはもう一方の面に膜5、6を成膜する。なお、膜5はTiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、膜6については、SiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>等が好ましい。これらはスパッタリング装置や蒸着機等を使用するものとする。

【0034】このような製造方法によって得られた偏光子は、光アイソレータや干渉計等の各種光学部品に用いることが可能となり、光通信の分野で広く使用することができる。

【0035】次に、本発明の光アイソレータについて説明する。図3に一部断面斜視図にて示すように、光アイソレータSは、Ni-Fe合金等から成るホルダ11内に、YIG（イットリウム・鉄・ガーネット）結晶等から成るファラデー回転子13、ファラデー回転子13の光入射側に配設される第1の偏光子12、光出射側に配設される第2の偏光子14が光軸上に配置され、さらに、ネオジウム-鉄系やサマリウム-コバルト系の希土類系のエネルギー積の大きな材料から成る永久磁石15がこれら部材の周囲に配設されている。

【0036】ここで、上記本発明の偏光子をファラデー回転子13の光入射側及び（又は）光出射側に配設するものとする。また、これら偏光子を構成する金属粒子は、第1の偏光子12と第2の偏光子14とでは、配向

方向が  $45^\circ$  異なるように配設するものとする。

【0037】上記構成の光アイソレータ S は、入射光 L 3 は最初偏光していないが、第 1 の偏光子 12 で偏光し、さらに、ファラデー回転子 13 で偏光方向が  $45^\circ$  回転させられて、第 2 の偏光子 14 を介して出射光 L 4 として出射される。一方、逆光（戻り光）L 5 は、第 2 の偏光子 14 で偏光され、ファラデー回転子 13 で偏光方向が  $45^\circ$  回転させられるので、第 2 の偏光子 14 を構成する金属粒子の配向方向とは異なる方向に配向している第 1 の偏光子 12 により光が遮断される。上記偏光子を用いることで、反射の非常に少ない優れた光アイソレータを提供できる。

【0038】

【実施例】膜 4 に  $\text{MgF}_2$  ( $n=1.38$ ) を用い、偏光層 B の屈折率を 1.64 とし、反射率が 0.2% 以下になる偏光層 B の厚さ、膜 4 の厚さを解析した。図 2 のその解析結果を示す。反射率は偏光層 B と基板 1 の界面、及び偏光子 B の表面のトータルの反射を含む。図 2 のグラフ縦軸の上の方ほど低い反射率を示すので、グラフの山の部分が反射率の低い条件を示す。この結果、偏光層 B の平均厚さ d B を  $0.62\mu\text{m}$ 、膜 4 の平均厚さを d 4 を  $0.23\mu\text{m}$  とすることとした。このように、上記 (A)、(B) 式を満足する条件のときにのみ反射率が極小となることが判明した。

【0039】基板 1 には  $76\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1\text{mm}$  の大きさの BK7 ガラスを使用した。また、成膜装置としては、多元マグネトロンスパッタ装置を使用し、ターゲットには図 1 における金属層 2 をなす銅と誘電体層 3 をなす BK7 ガラスを使用した。さらに、スパッタリングガスには、Ar を利用した。

【0040】銅の膜厚は  $50\text{nm}$  に設定し、成膜を行った。その後、銅粒子を球状に成長させる為、 $500^\circ\text{C}$  にて  $60\text{min}$  成膜した。次に銅粒子をガラス中に埋め込む為、上記条件にて作製した銅粒子の上から、基板材料と同じ BK7 ガラスを  $0.15\mu\text{m}$  成膜した。このガラス膜の厚さは延伸後の偏光層の厚さが  $0.62\mu\text{m}$  になるよう考慮し設定した。上記工程を 10 回繰り返し、誘電体層 4 を 10 層作製した。さらに、試料中に含まれている Ar ガスを追い出す為、 $580^\circ\text{C}$  にて 20 時間加熱した。その後、これらのサンプルを  $625^\circ\text{C}$  にて  $45\text{k}$

$\text{g}/\text{mm}^2$  の応力で長さ  $50\text{mm}$  となるように延伸を行った。

【0041】次に、偏光層 B の上から、 $\text{MgF}_2$  ( $n=1.38$ ) を厚さ  $0.23\mu\text{m}$  に成膜した。さらに、偏光層 B が成膜されているもう一方の基板面に膜 5 として、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $n=1.70$ ) を厚さ  $0.15\mu\text{m}$  に、その上から、膜 6 として、 $\text{MgF}_2$  ( $n=1.38$ ) を厚さ  $0.26\mu\text{m}$  に成膜した。なお、膜 5、6 の条件は  $n=1.51$  の基板の反射防止膜として、一般的な値である。

【0042】この結果、消光比  $40\text{dB}$ 、挿入損失  $0.01\text{dB}$  以下の良好な特性を得ることができた。

【0043】

【発明の効果】本発明の偏光子及びそれを用いた光アイソレータによれば、偏光層とこの上に積層される反射防止層の厚みを最適にしているので、基板と偏光層の界面での反射を考慮する必要なく、入射媒体と基板の反射を極力低減することが可能となる。

【0044】さらに、偏光層が反射防止層としての機能を有することになるので、従来のように反射防止層を多数層に形成する必要がなく、しかもいっそうの小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る偏光子を模式的に説明する図であり、(a) は断面図、(b) は (a) の一部を示す拡大斜視図である。

【図 2】本発明に係る偏光子の反射率の解析結果を示すグラフである。

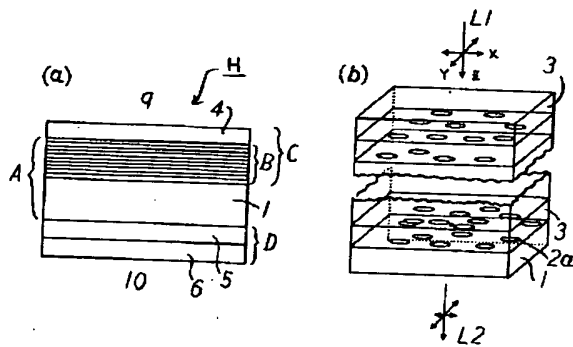
【図 3】本発明に係る光アイソレータを模式的に説明する一部断面斜視図である。

【図 4】従来の偏光子を模式的に説明する図であり、(a) は断面図、(b) は (a) の一部を示す拡大斜視図である。

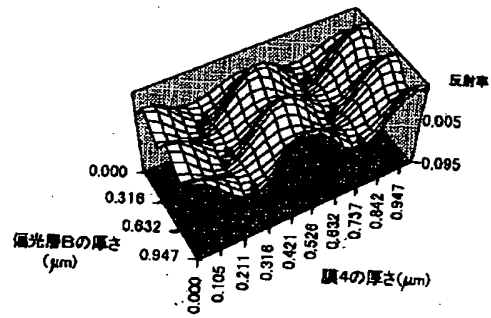
【符号の説明】

1 : 基板  
2 : 金属粒子層  
2a : 金属粒子  
3 : 誘電体  
H : 偏光子  
S : 光アイソレータ

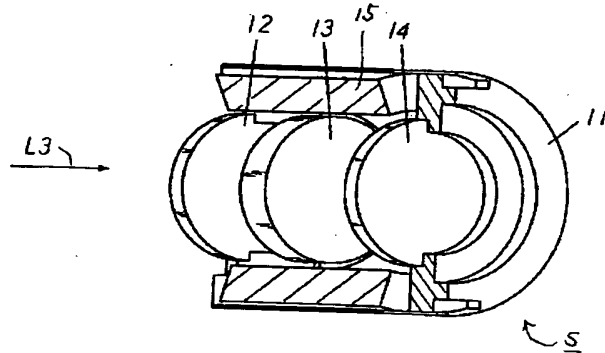
【図1】



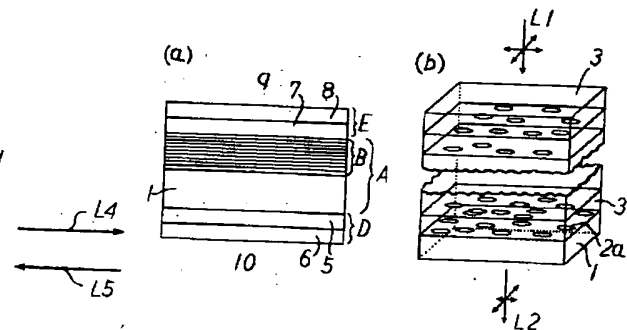
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 BA02 BA08 BA23 BB03 BB63  
BC03 BC25  
2H099 AA01 BA02 CA02